

ANALISIS PENEMPATAN ARRESTER TERHADAP EFEKTIFITAS PROTEKSI TRANSFORMATOR PADA PT. PLN (PERSERO) P3B JAWA-BALI APP SALATIGA GARDU INDUK 150 KV BANTUL

Rifky Labado¹, Mujiman², Prastyono Eko Pambudi³

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Yogyakarta.*

Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222

Telp. (0274) 563029 E-mail: rifkylabado@gmail.com

INTISARI

Sistem proteksi memegang peranan penting dalam kelangsungan dan keamanan Gardu Induk dalam menyuplai energi. Sistem proteksi berfungsi untuk melindungi sistem tenaga listrik, operator, dan peralatan itu sendiri dari bermacam-macam gangguan yang mungkin terjadi. Petir merupakan proses alam yang terjadi di atmosfer pada waktu hujan, jika petir menyambar jaringan transmisi maka tegangan lebih akibat surja petir akan merambat sepanjang saluran transmisi yang akhirnya sampai pada Gardu Induk.

Peralatan dapat dilindungi dengan menempatkan *arrester* sedekat mungkin pada peralatan yang akan dilindungi dan tidak perlu menggunakan alat pelindung lain pada tiap bagian peralatan yang akan dilindungi. Walaupun berpengaruh dengan gelombang berjalan akan timbul tegangan lebih tinggi ditempat yang agak jauh dari *arrester*, dan peralatan masih dapat dilindungi dengan baik bila jarak *arrester* dan peralatan masih dalam batas yang diinginkan.

Kata kunci: *Lightning arrester*, koordinasi isolasi, penentuan penempatan *arrester*

ABSTRACT

Protection system plays an important role in the continuance and security of a Substation in supplying energy. Protection system serves to protect electrical system, operators, and equipment from various potential disturbances. Lightning is a natural process in the atmosphere during the rain. If lightning strikes transmission line, overvoltage due to lightning surge will spread along the transmission line until it reaches Substation. Equipment can be protected by placing arrester as close to the protected equipment as possible and there's no need to use other protective equipment on every part of the protected equipment. Although it affects traveling wave, there will be higher voltage further from the arrester, and equipment can still be protected well if the distance between the arrester and equipment is still acceptable.

Keywords: Lightning arrester, isolation coordination, determination of arrester placement

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada peralatan gardu induk *arrester* sangat diperlukan untuk melindungi peralatan dari gangguan petir. Gangguan petir pada sistem tenaga listrik dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan tegangan tinggi, peralatan kontrol, telekomunikasi dan peralatan lainnya. Untuk mendapatkan performa kerja yang baik pada *arrester*, diperlukan pemeliharaan yang rutin, baik, dan sesuai prosedur. Selain itu penempatan *arrester* yang optimum juga sangat mempengaruhi fungsi *arrester* dalam melindungi peralatan dari tegangan lebih yang disebabkan oleh gangguan petir. Seperti yang telah kita ketahui bahwa pusat pembangkit listrik umumnya dihubungkan dengan saluran transmisi udara yang menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat-pusat konsumsi tenaga listrik, yaitu gardu-gardu induk (GI).

Rumusan Masalah

- a. Bagaimana pengaruh penempatan *arrester* terhadap tegangan surja yang terjadi pada trafo dan *arrester*.
- b. Menentukan jarak efektif *arrester* dan trafo.
- c. Menghitung jarak maksimum *arrester* dengan peralatan yang dilindungi.

Batasan Masalah

- a. Menentukan jarak efektif pada *arrester*.

- b. Data Trafo dan *Arrester* diperoleh dari PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali APP Salatiga Gardu Induk 150 kV Bantul .
- c. Menghitung jarak maksimum *arrester* dengan peralatan yang akan dilindungi.

II. LANDASAN TEORI

Pengertian Pengaman

Sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman pada peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, bus bar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi abnormal operasi sistem tenaga listrik tersebut (J. Soekarto, 1985).

Fungsi Pengaman

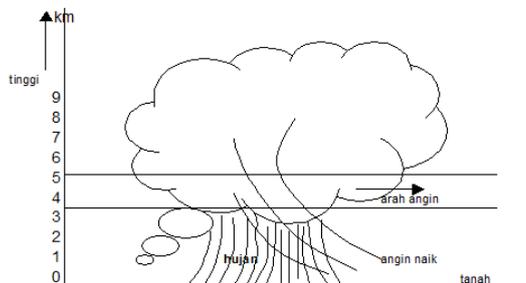
1. Mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
2. Mengurangi kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
3. Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas.
4. Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi kepada konsumen.
5. Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik.

Petir

Petir adalah peristiwa alam yang sering terjadi di bumi, terjadinya seringkali mengikuti peristiwa hujan baik air atau es, peristiwa ini dimulai dengan munculnya awan hitam dan lidah api listrik yang bercahaya terang yang terus memanjang ke arah bumi bagaikan sulur akar dan kemudian diikuti suara yang menggelegar dan efeknya akan fatal bila mengenai makhluk hidup.

Proses terjadinya petir

Suatu Petir bisa terjadi apabila ada awan yang bermuatan berada diatas bumi dalam jarak tertentu. Pada awan tersebut, muatan positif mengumpul pada bagian atas dan yang negatif berada disebelah bawah.



Gambar 2.1 Proses terjadinya Petir

Lightning Arrester

Surge Arrester merupakan peralatan yang di desain untuk melindungi peralatan lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir) dan pengaruh *follow current*. Sebuah *arrester* harus mampu bertindak sebagai insulator, mengalirkan beberapa miliampere arus bocor ke tanah pada tegangan sistem dan berubah menjadi konduktor yang sangat baik, sehingga

mengalirkan ribuan ampere arus surja ke tanah memiliki tegangan yang lebih rendah daripada tegangan *withstand* dari peralatan ketika terjadi tegangan lebih dan menghilangkan arus susulan yang mengalir dari sistem melalui *arrester (power follow current)* setelah surja petir atau surja hubung berhasil didisipasikan.

Sela Batang

Sela batang adalah suatu alat pelindung yang paling sederhana. Alat ini terdiri dari dua buah batang logam yang mempunyai penampang tertentu (Bisaanya Bersegi). Yang satu dihubungkan dengan kawat transmisi dan yang satunya dihubungkan dengan kawat tanah.

Sela Sekring

Sela sekring adalah suatu alat pelindung sela batang yang dihubungkan seri dengan sekring yang digunakan untuk menginterupsi arus susulan yang diakibatkan oleh percikan api.

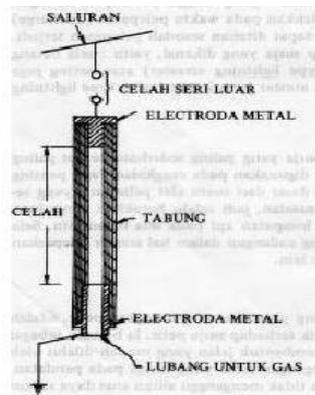
Prinsip Kerja Arrester

Pada umumnya prinsip kerja *arrester* cukup sederhana yaitu membentuk jalan yang mudah dilalui oleh petir, sehingga tidak timbul tegangan yang lebih tinggi pada peralatan listrik lainnya. *Lightning arrester* merupakan peralatan yang didesain untuk melindungi peralatan sistem tenaga listrik dari tegangan lebih (baik surja hubung maupun surja petir) dan pengaruh *follow current*.

Jenis-Jenis Arrester

Jenis Ekspulsi

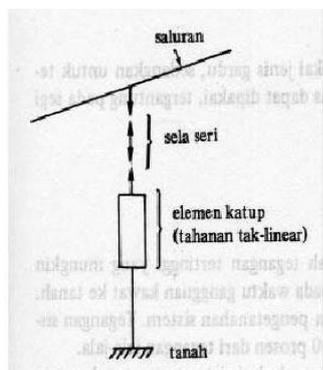
Arrester jenis ekspulsi/tabung pelindung pada prinsipnya terdiri dari sela percik yang berada dalam tabung serat dan sela percik batang yang berada di luar di udara atau disebut dengan sela seri. Arrester ini digunakan untuk melindungi trafo distribusi bertegangan 3-15 kV, tetapi belum memadai untuk melindungi trafo daya.



Gambar 2.2 Arrester Ekspulsi

Arrester Katup

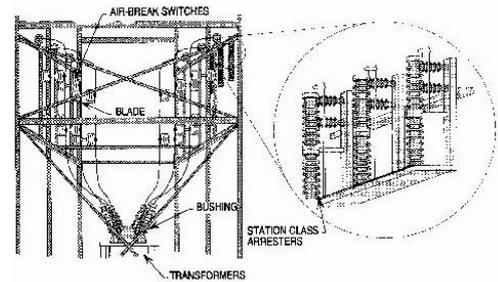
Arrester ini terdiri dari beberapa sela percik yang dihubungkan seri (*series gap*) dengan resistor tak linier. Resistor ini memiliki sifat khusus yaitu tahanannya rendah saat dialiri arus besar dan sebaliknya tahanannya yang besar saat dialiri arus kecil.



Gambar 2.3 Arrester Jenis Katup

Arrester Katup Jenis Gardu

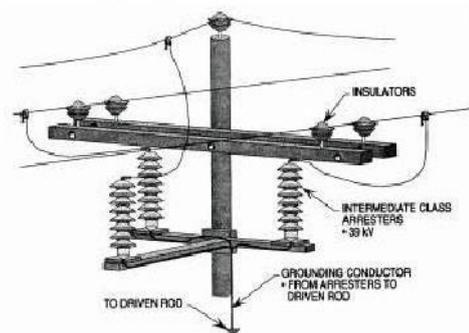
Pemakaiannya secara umum pada gardu induk besar untuk melindungi alat-alat yang mahal pada rangkaian mulai dari 2,4-287 kV.



Gambar 2.4 Arrester Katup Jenis Gardu

Arrester Katup Jenis Saluran

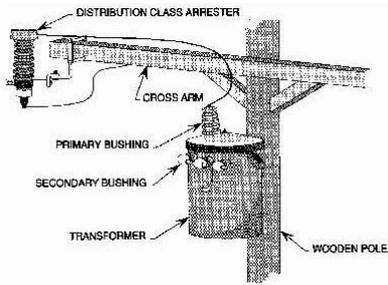
Arrester jenis saluran lebih murah dari arrester gardu. Arrester jenis saluran ini dipakai pada sistem tegangan 15-69 kV yang dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.5 Arrester Katup Jenis Saluran

Arrester Katup Jenis Distribusi

Lightning arrester jenis distribusi ini khusus untuk melindungi transformator. Arrester jenis ini dipakai pada rentang tegangan antara 120 volt sampai 69 kV



Gambar 2.6 Arrester Katup Jenis Distribusi

Arrester Katup Jenis Gardu untuk Mesin-mesin

Arrester jenis gardu ini khusus untuk melindungi mesin-mesin berputar. Pemakaiannya untuk tegangan 2,4-15 kV.

Arrester Seng Oksida

Arrester seng oksida yang disebut juga *metal oxide arrester* (MOA) merupakan arrester yang tidak memiliki sela seri, terdiri dari satu atau lebih unit yang kedap udara, yang masing-masing berisikan blok-blok tahanan katup sebagai elemen aktif dari arrester.



Gambar 2.7 Arrester Seng Oksida

III METODE PENELITIAN

Peralatan yang Diteliti

Peralatan yang diteliti dalam penelitian ini adalah trafo dan *arrester*, dan yang digunakan dalam peralatan Gardu Induk 150 KV Bantul yaitu *arrester* (BOWTHORPE) EMP tipe MBA 4.0 – 150 dengan standart IEC 99-4 199.



Gambar 3.1 Arrester

(BOWTHORPE) EMP tipe MBA 4.0 – 150

Sedangkan untuk trafo yang ada pada Gardu Induk 150 KV Bantul yang akan diteliti dengan menggunakan trafo I 60 MVA XIAN SFZ-60000/150 yang terhubung dengan *arrester* (BOWTHORPE) EMP tipe MBA 4.0 – 150



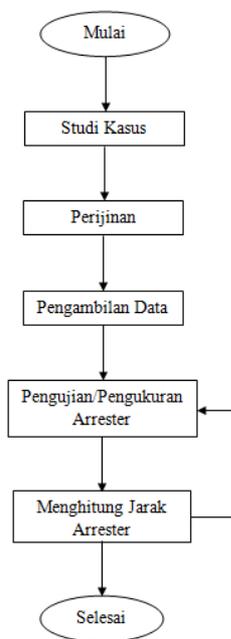
Gambar 3.2 Bentuk Fisik Trafo I 60 MVA XIAN SFZ-60000/150

Teknik Analisa Data

Analisa ini adalah mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku didalam perhitungan koordinasi lokasi *arresters* sesuai dengan teori Hutaaruk Rumus yang digunakan untuk menentukan jarak maksimum antara *arresters* dan trafo dapat dilihat pada persamaan

$$E_p = E_a + 2 A S/v.....(3.1)$$

Langkah-Langkah Tugas Akhir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penempatan *Arrester* Terhadap Peralatan yang Dilindungi

1. Menempatkan *arrester* pada saluran transmisi yang masuk ke gardu induk.
2. Menempatkan *arrester* di depan trafo daya.
3. Menempatkan pada saluran yang masuk ke gardu induk dan didepan transformator daya.

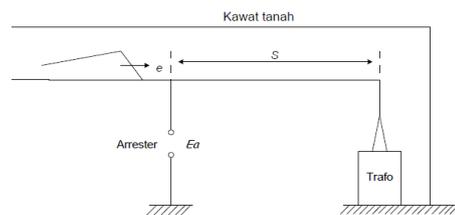
4. Jika jarak *arrester* terlalu jauh, maka tegangan yang sampai pada terminal dari peralatan yang akan dilindungi akan lebih tinggi daripada tegangan *arrester* tersebut. Oleh karena itu untuk menentukan jarak antara *arrester* dan peralatan yang dilindungi harus diperhatikan.

Menentukan Jarak Maksimum *Arrester* dan Peralatan

Jarak maksimum antara *arrester* dan peralatan atau panjang maksimum kabel penghubung yang dapat ditentukan secara pendekatan dengan menggunakan teori pantulan berulang.

Jarak maksimum *Arrester* dan Transformator yang dihubungkan dengan saluran udara.

Jarak maksimum antara *arrester* dan transformator bila dihubungkan langsung dengan saluran udara dan transformator dianggap sebagai jepitan terbuka,



Gambar 4.3 Transformator dan *Arrester* Terpisah Sejarak S

Jarak Maksimum *Arrester* dan Transformator yang Dihubungkan Melalui Sepotong Kabel

Untuk memperkecil gelombang surja yang memasuki gardu induk atau

transformator, sering dipasang sepotong kabel antara kawat udara dan transformator.

Jarak Lindung *Arrester*

Sebuah gelombang terpa yang berjalan menuju gardu akan dipotong amplitudonya oleh pengaman petir hingga hanya mempunyai amplitudo sebesar tegangan kerja pengaman petir. Gelombang yang mempunyai kecuraman yang sama dengan gelombang aslinya akan terus berjalan menuju gardu induk.

Perhitungan Jarak Penempatan *Arrester* dan Trafo

Diketahui :

Trafo I = 60 MVA

Tegangan = 150 kV

BIL = 750

Impedansi hantaran = 450 ohm\

Gelombang terpa ($du/dt = 1.000 \text{ kV}/\mu\text{s}$)

Ditanyakan :

A = Menentukan tegangan pengenal *arrester* ?

B = Menentukan jarak (S) dari *arrester* ?

Jawab :

a. Tegangan pengenal

$$V = Va \times 1,1 \times 0,8$$

$$= 150 \times 1,1 \times 0,8$$

$$= 132 \text{ kV}$$

b. Menentukan jarak (S)

Diketahui:

$$E_p = 750 \text{ kV}$$

$$A = 1.000 \text{ du/dt}$$

$$E_a = 650 \text{ kV}$$

$$V = 300 \text{ m}/\mu\text{dt}$$

Ditanyakan : Jarak maksimum antara *arrester* dengan trafo ?

Surja petir sebesar 1.000 du/dt, setelah dihitung secara matematis perhitungan jarak maksimum *arrester* yaitu sebesar :

Jawab :

$$E_p = E_a + 2 \frac{As}{V}$$

$$750 = 650 + 2 \frac{1000.S}{300}$$

$$\frac{2000.S}{300} = 750 - 650$$

$$S = \frac{100}{6,667}$$

$$S = 15 \text{ meter}$$

Dari hasil perhitungan jarak maksimum (S) adalah 15 meter, sedangkan dalam kenyataan dilapangan *arrester* dipasang sejauh 3 meter dari peralatan yang dilindungi, sehingga pemasangan masih dibawah harga maksimum.

Name Plate *Arrester* dan Trafo

LA (BOWTHORPE) EMP :

Tipe : MBA 4.0 – 150

Standar: IEC 99 -4 1991

No. Seri: L 988 1

Years: 1994

Ur rated voltage: 150 kV

Uc. Mcov: 120 kV

Classification: 10 KA Heavy Duty station Class 5

Line Discharge: class 2 pressure relief 20 KA rms

Unit tipe: mbao – 122

Unit Vr: 122 kV

Unit Posisi: 2 unit

Trafo I 60 MVA Xian

Tipe: SFZ – 60000/150

Normal rating MVA: 36/60

Frekuensi: 50 Hz

No. Seri: A 95006,3

Instalasi: out-door

Cooling system: onan – onaf

Oil : 26.000 Kg

Total : 102.000 Kg

Phasa: 3

Temp. Rise oil: 53°

Manufactured: 1995

Ambient temp. Max: 40°

Standart IEC : 76 – 1976

Winding temp. Rise: 59°

Untanking mass: 8000 Kg

Transport : 68.000 Kg

Vacum tightness of tank: $6,77 \times 10^4$ Pa

Impedance Voltage.

(AT Rated Tap) : 12,35%

(AT Max. Tap) : 12, 35%

(AT. Min. Tap) : 12,35%

V. KESIMPULAN

1. Arrester merupakan pengaman tenaga listrik yang efektif pada gardu induk karena arrester dapat menyalurkan tegangan lebih surja petir langsung ke tanah, sehingga tidak mengganggu kontinuitas dari pelayanan tegangan listrik ke konsumen.
2. Pada saat dalam keadaan normal, *arrester* akan bersifat sebagai isolator dan bila timbul surja petir maka

arrester akan bersifat sebagai konduktor. Setelah surja petir itu hilang maka arrester harus dengan cepat kembali bersifat isolator, sehingga *circuit breaker* (CB) tidak akan sempat membuka.

3. Jarak penempatan arrester yang baik untuk mengamankan trafo I 60 MVA adalah 15 meter, sedangkan pada kenyataan dilapangan jarak yang dipasang sejauh 3 meter dari peralatan yang di lindungi yaitu trafo, sehingga pemasangannya masih dibawah harga maksimum.
4. Untuk mendapatkan operasi yang optimal diperlukan pemeliharaan yang baik dan berkala pada arrester sesuai prosedur dan (IKA), mengingat fungsinya sebagai proteksi terhadap gangguan surja petir.

VI. SARAN

1. Untuk mencegah kerusakan pada perlindungan trafo maka harus melakukan perhitungan yang lebih teliti lagi dan pemeliharaan yang rutin agar penempatan atau penentuan jarak arrester tidak terlalu jauh dari peralatan

yang dilindungi (trafo) dan hasilnya tidak akan lebih dari harga maksimum yang ditentukan.

2. Dari hasil yang didapatkan belum maksimal karena perlu adanya pengujian atau penghitungan dengan teori lain seperti Witzke-Bliss untuk bisa membandingkan hasil pada penghitungan.

DAFTAR PUSTAKA

Bonggas L Tobing, “Peralatan Tegangan Tinggi”, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 2003.

Hamzah Ibrahim, “Pengantar Teknik Tenaga Listrik”, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta

Hutauruk, T.S, “Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja”, Penerbit Erlangga, Jakarta 1995.

Reynaldo Zoro. H, “ Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik”, Penerbit ITB, Bandung.

M.M Prasetyo Yoewono, 2007 “Penentuan Penempatan *Arrester* Sebagai Pengaman Transformator Daya Terhadap Sambaran Petir” IST AKPRIND Yogyakarta

Nurul Hidayatulloh, 2009, “ Kemampuan *Arrester* Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk 150 kV Sronдол”, Semarang, Universitas Negeri Semarang.

Propatinia Sylvia, 2010, “Pemeliharaan dan Analisa Lokasi Penempatan Lightning Arrester Pada Gardu Induk 150 kV Ungaran”, Semarang, Universitas Diponegoro.

.....,Tim Penyusun PT. PLN (Persero), 2010” Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Lightning Arrester dan Pusat Pengatur Beban Jawa Bali,”PT. PLN (Persero).